



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 43 33 424 B4 2004.02.12

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: P 43 33 424.5
(22) Anmeldetag: 30.09.1993
(43) Offenlegungstag: 14.04.1994
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 12.02.2004

(51) Int Cl.7: F02D 41/40
F02D 43/00, F02D 45/00, F02D 21/08,
F02B 31/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
P 4-263570 01.10.1992 JP

(71) Patentinhaber:
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

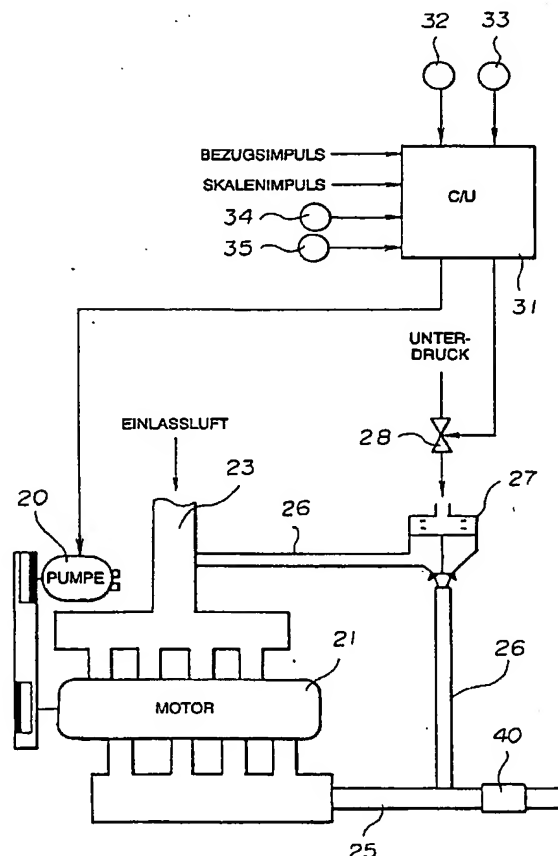
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
Kimura, Shuji, Yokohama, Kanagawa, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 33 12 950 C2
DE 34 28 371 A1
DE 32 38 697 A1
JP 60-1 62 018
SHUNDOH S.; KAKEGAWA, T., TSUJIMURA, K.,
KOBAYASHI, S.: The Effect of Injection
Parameters
and Swirl on Diesel Combustion with High
Pressure Fuel Injection;
SAE-Paper 910489;

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Steuern eines Dieselmotors

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors mit den Schritten: Erfassen eines Motorbetriebszustandes, Steuern einer Kraftstoffeinspritzung nach Maßgabe des erfaßten Betriebszustandes des Motors, Rückführen eines Abgases über ein Abgasrückführventil zwischen einem Einlaßkanal und einem Abgaskanal, Erfassen eines Abgasrückführverhältnisses (EGR-Verhältnis), dadurch gekennzeichnet, daß das Abgasrückführverhältnis (EGR-Verhältnis) in Abhängigkeit des erfaßten Motorbetriebszustandes gesteuert und gleichzeitig ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (IT) eines Kraftstoffeinspritzventiles (20) in Abhängigkeit des erfaßten Abgasrückführverhältnisses (EGR-Verhältnis) eingestellt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Dieselmotors, insbesondere zum Steuern der Verbrennung des Dieselmotors, gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1.

[0002] Aus DE 34 28 371 A1 ist ein Verfahren zur Messung und Regelung von Betriebsdaten von Verbrennungsmotoren bekannt, bei dem die Abgaszusammensetzung, insbesondere der Rußgehalt des Abgases, erfaßt und eine Regelung der Abgasrückführung und des Spritzbeginnes in Abhängigkeit von dem erfaßten Rußgehalt des Abgases durchgeführt werden, um eine Verbesserung der Abgasqualität zu erzielen. Hierbei wird eine Regelung des Abgasrückführverhältnisses erst vorgenommen, sobald durch die genannte Sensoreinrichtung eine, einen bestimmten Grenzwert überschreitende Rußkonzentration erfaßt wird.

[0003] In neuerer Zeit ist es bekannt geworden, Dieselmotoren mit einem, Abgasrückführungskanal zu versehen, welcher zwischen einem Einlaßluft-System und einem Abgassystem angeordnet ist, wobei ein Abgasrückführungsventil zwischen einem Abgasrückführungskanal zum Einstellen einer geregelten Abgasrückführungsrate angeordnet ist, um eine Erzeugung von NO_x -Gas und anderen schädlichen Abgaskomponenten zu unterdrücken, wie weiter unten beschrieben wird.

[0004] Aus der japanischen Patent-Offenlegungsschrift Nr. Showa 60-162018, veröffentlicht am 23. August 1985, ist beispielsweise ein Einlaßluftsystem für eine Verbrennungskraftmaschine mit innerer Verbrennung bekannt, insbesondere für einen Direkteinspritzer-Dieselmotor.

[0005] Gemäß der obigen Offenlegungsschrift ist der Motor mit einem Abgasrückführungssystem versehen, welches zum Zurückführen eines Inertgases des Abgases in das Einlaßluftsystem des Motors dient, um eine Erzeugung von NO_x zu verhindern, welches eine schädliche Abgaskomponente des Abgases ist. Ein Abgasrückführungsventil ist in einem Abgasrückführungskanal (einem Kanal zum Zurückführen eines Teils des Abgases in den Einlaßluft-Kanal) des Abgasrückführungssystems angeordnet und das Abgasrückführungsventil ist in einem Motor-Betriebsbereich offen, in welchem die Abgasrückführung erforderlich ist, so daß eine konstante Menge von Abgas (Abgasrückführungsgas) mit der Einlaßluft gemischt wird und auf diese Weise eine maximale Temperatur während der Verbrennung des Kraftstoffs verringert wird.

[0006] Wenn die Abgasrückführungsrate ($\frac{\text{Menge des zurückgeführten Abgases}}{\text{Einlaß-Frischlufmenge}} \times 100$ [%]) zu groß wird, erhöht sich die Rauchkonzentration in dem Abgas. Aus diesem Grund wird gemäß der obigen japanischen Patent-Offenlegungsschrift zum Ermöglichen einer höheren Abgasrückführungsrate ein Wirbel des Luft-/Kraftstoff-Ge-

mischs entsprechend verstärkt.

[0007] Wenn der Wirbel verstärkt wird, um eine hohe Abgasrückführungsrate zu verwirklichen zu können, wird die Vermischung von Luft mit Kraftstoff verbessert, um eine Erzeugung von Rauch in dem Abgas zu verringern.

[0008] Jedoch läßt sich damit das Problem der Rauchbildung nicht zufriedenstellend lösen. Das heißt, es ist schwierig bei dem oben beschriebenen Dieselmotor mit verstärkter Wirbelbildung das Ansteigen der Rauchbildung in dem Abgas zu unterdrücken, wenn die Abgasrückführungsrate auf einen noch höheren Wert eingestellt wird.

[0009] Im einzelnen bedeutet dies, wenn die Abgasrückführungsrate in Richtung 100% erhöht wird, zwar die Konzentration des NO_x in dem Abgas stark vermindert wird, jedoch die Konzentration von Rauch in dem Abgas stark erhöht wird.

[0010] Wenn in diesem Fall ein Wirbelverhältnis SR vergrößert wird, kann die Konzentration des Rauchs in dem Abgas deutlich verringert werden. Dennoch überschreitet die Rauchkonzentration in einem Bereich, in welchem die Abgasrückführungsrate hoch ist, einen Grenzwert (beispielsweise einen gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwert). Ein Grund für die Verringerung der Rauchkonzentration bei Vorhandensein eines verstärkten Wirbels liegt darin, daß die Diffusionsgeschwindigkeiten von Luft und Kraftstoff während einer sogenannten Diffusionsverbrennung erhöht wird. Infolgedessen kann in einer Situation, in welcher die Sauerstoffkonzentration aufgrund einer hohen Abgasrückführungsrate gering ist, diese Wirkung, d.h. die erhöhte Diffusion, nicht mehr deutlich eintreten, weil ein Sauerstoffmangel in der Luft vorliegt.

[0011] Das Wirbelverhältnis SR ist wie folgt festgelegt: $\text{SR} = V_c / N$, wobei V_c die Rotationsgeschwindigkeit des Wirbelstroms in Tangentenrichtung beschreibt und N eine Motorgeschwindigkeit (eine Motordrehzahl) beschreibt.

[0012] Außerdem wird bei Vergrößerung des Wirbelverhältnisses SR die Konzentration von NO_x größer.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern eines Dieselmotors der eingangs genannten Art zu verbessern, derart, daß der Ausstoß von NO_x und Rauch in dem Abgas des Motors in einem Betriebsbereich verringert wird, in dem die Verbrennungstemperatur durch eine extrem verlängerte Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode verringert ist, wobei die verlängerte Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode durch eine hohe Abgasrückführungsrate in dem Abgasrückführungssystem und damit eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration ausgelöst ist.

[0014] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Steuern eines Dieselmotors der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Abgasrückführverhältnis in Abhängigkeit des erfaßten Motorbetriebszustandes gesteuert und gleichzeitig

ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt eines Kraftstoffeinspritzventiles in Abhängigkeit des erfaßten Abgasrückführverhältnisses eingestellt werden.

[0015] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen dargelegt.

[0016] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. In diesen zeigen:

[0017] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Regeln der Verbrennung eines Dieselmotors;

[0018] Fig. 2 ein Diagramm der Abgasrückführungsrate bezogen auf das Motordrehmoment und die Motordrehzahl;

[0019] Fig. 3 einen Schnitt einer in Fig. 1 gezeigten Kraftstoff-Einspritzpumpe;

[0020] Fig. 4 ein Diagramm ähnlich dem in Fig. 1 gezeigten Diagramm, wobei jedoch der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt dargestellt ist;

[0021] Fig. 5 ein Flußdiagramm zum Erläutern der Regelung eines Kraftstoff-Einspritzzeitpunkts und einer Kraftstoff-Einspritzintervall gemäß dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel;

[0022] Fig. 6 ein Diagramm, in welchem ein Basis-Einspritzintervall Δt_{m1} dargestellt ist;

[0023] Fig. 7 ein Diagramm, in welchem eine Kraftstofftemperatur-Korrekturgröße Δt_{m1} dargestellt ist;

[0024] Fig. 8 ein Diagramm, in welchem eine weitere Kraftstofftemperatur-Korrekturgröße Δt_{m2} dargestellt ist;

[0025] Fig. 9 ein Diagramm, in welchem sowohl die Konzentration von Rauch, als auch von NO_x bezogen auf die Abgasrückführungsrate dargestellt ist;

[0026] Fig. 10 ein Diagramm der Konzentration von NO_x und Rauch bezogen auf den Einspritzzeitpunkt;

[0027] Fig. 11 ein gemeinsames Diagramm, in welchem die Kühlverluste, der Grad des konstanten Volumens und der Kraftstoffverbrauch des Dieselmotors in Abhängigkeit von der geregelten Abgasrückführungsrate dargestellt ist;

[0028] Fig. 12 ein schematisches Blockschaltbild eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Regeln der Verbrennung eines Dieselmotors;

[0029] Fig. 13 ein Diagramm eines Übersetzungsverhältnisses bezogen auf die Motordrehzahl;

[0030] Fig. 14 eine perspektivische Ansicht einer Rotorblattstellung der in Fig. 12 gezeigten Wirbel-Regelungsvorrichtung, wenn eine starke Wirbelbildung vorliegt;

[0031] Fig. 15 eine perspektivische Ansicht einer Rotorblattdarstellung der Wirbel-Regelungsvorrichtung, wenn eine geringe Wirbelbildung auftritt;

[0032] Fig. 16 ein Diagramm eines Wirbelverhältnisses, wenn die Wirbel-Regelungsvorrichtung aktiviert ist;

[0033] Fig. 17 ein Flußdiagramm zum Erläutern einer Regelung eines Wirbelverhältnisses mittels der Wirbel-Regelungsvorrichtung gemäß dem in Fig. 12

gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel;

[0034] Fig. 18 ein Diagramm der Konzentrationen von HC, Rauch, und NO_x bezogen auf die geregelte Abgasrückführungsrate im Falle des zweiten Ausführungsbeispiels;

[0035] Fig. 19 ein schematisches Blockdiagramm eines dritten bevorzugten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Regeln der Verbrennung in einem Dieselmotor;

[0036] Fig. 20 ein Diagramm der Sauerstoffkonzentration bezogen auf die Motor-Betriebsbedingungen bezüglich der Einlaßluft im Falle des dritten Ausführungsbeispiels.

[0037] Nachfolgend wird Bezug auf die Zeichnungen genommen, um ein besseres Verständnis für die Erfindung zu erleichtern.

[0038] Fig. 1 zeigt ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Steuern der Verbrennung eines Dieselmotors.

[0039] Wie Fig. 1 zeigt, ist der mit 21 bezeichnete Dieselmotor mit einem Einlaß-Luftkanal 23, einem Abgaskanal 25, einem Abgasrückführkanal 26, welcher zwischen dem Abgaskanal 25 und dem Einlaß-Luftkanal 23 verbunden ist, und einem Membran-Abgasrückführventil versehen, welches auf einen Steuer-Unterdruck anspricht.

[0040] Ein Unterdruck-Steuerventil 28 dient zum Einstellen von drei Stufen eines konstanten Unterdrucks, wozu eine Unterdruckquelle dient und wobei das Einstellen des Unterdrucks aufgrund eines Betätigungsverhältnis-Signals erfolgt, welches von der Regelungseinheit 31 ausgegeben wird.

[0041] Wenn beispielsweise ein konstanter Unterdruck direkt in das Abgasrückführventil 27 zu einem Zeitpunkt eingeführt ist, in dem das maximale "Außer-Betrieb-Verhältnis" herrscht (Ein Verhältnis von Außer-Betrieb-Zeitdauer bei einer konstanten Zeitperiode), werden 50% des Abgases zurückgeführt. Dies entspricht einer Abgasrückführungsrate von 100%.

[0042] Wenn das Außer-Betrieb-Verhältnis allmählich verringert wird, veranlaßt das Verringern des dem Abgasrückführventil 27 zugeführten Unterdrucks, daß der Abgasrückführventil-Öffnungswinkel verringert wird, so daß die Strömungsmenge durch den Abgasrückführkanal 26 verringert wird. Wenn in anderen Worten das Außer-Betrieb-Verhältnis des Betriebsverhältnissignals kleiner wird, wird die Abgasrückführungsrate auf 60% bzw. weiter auf 30% verringert.

[0043] Fig. 2 zeigt ein Diagramm des Abtriebsdrehmoments (Nm) bezogen auf die Motordrehzahl (U/min) mit der Abgasrückführungsrate als Parameter.

[0044] In Fig. 2 beträgt in einem Bereich mittlerer Geschwindigkeit und mittlerer Motorlast sowie bei allen Motorlastbereichen bei geringem Motordrehzahlbereich die Abgasrückführungsrate 100%.

[0045] Weil in diesen Betriebsbereichen die Erzeugung von Rauch auf im wesentlichen Null bei einer

Abgasrückführungsrate von 100% gedrückt wird, kann eine Ablagerung von Rauchpartikeln an dem Einlaßventil für jeden Zylinder nicht auftreten. Eine Ablagerung von Rauchpartikeln an dem Einlaßventil würde auftreten, wenn der Rauch in dem Abgas mittels des Einlaß-Luftkanals 23 durch den Abgasrückführungs kanal 26 eintreten würde. Im Gegensatz dazu tritt bei einem Bereich mit hoher Motordrehzahl und hoher Motorlast eine derartige Verlängerung der Verbrennungsperiode auf, so daß das Erzeugen von Rauch nicht vollständig unterdrückt werden kann. Weil darüber hinaus in diesem Bereich eine Erhöhung der Abgastemperatur und eine Erhöhung der Abgasrückführstrommenge eine Erhöhung der Einlaßtemperatur hervorruft, wird die Wirkung der Verringerung von NO_x aufgrund der großen Abgasrückführungsrate in dem Abgasrückführungssystem verringert, weshalb um dieses zu vermeiden die Abgasrückführungsrate stufenweise auf 60% bzw. 30% verringert wird.

[0046] Um die Abgasrückführungsrate entsprechend den Motor-Betriebsbedingungen zu regeln, weist die Regelungseinheit 31 einen darin installierten Mikrocomputer auf. Die Regelungseinheit 31 regelt die Abgasrückführungsrate stufenweise aufgrund eines Signals von einem Sensor 32 zum Erfassen eines Öffnungswinkels einer Beschleunigungseinrichtung wie eines Drosselklappen-Öffnungswinkels (oder Herunterdrückwinkel eines Gaspedals), eines Signals von einem Luftströmungsmesser 33, eines Bezugsimpulses (Kurbelwellenwinkel) und eines Skalenimpulses (Kurbelwellenwinkel), wie weiter unten beschrieben werden wird.

[0047] Um eine Charakteristik einer Abgasrückführungsrate (Soll-Abgasrückführungsrate), wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, bezogen auf das Motordrehmoment und die Motordrehzahl herzuleiten, ist eine Tabelle (nicht dargestellt) vorgesehen, welche den Öffnungswinkel Acc der Motor-Drosselklappe oder des Gaspedals (korrespondierend zu der Motorlast) und eine Motordrehzahl Ne als Parameter aufweist, wobei aus dieser gespeicherten Tabelle jeweils ein Wert entnommen wird, um eine aktuelle Soll-Abgasrückführungsrate herzuleiten.

[0048] Die Abgasrückführungsrate-Strömungsmenge wird zu diesem Zeitpunkt aus der Soll-Abgasrückführungsrate und der Einlaßluftmenge berechnet, welche von dem Luftströmungsmesser 33 erfaßt wird (Frischluftrömungsmenge) wobei diese Berechnung wie folgt durchgeführt wird:

Abgasrückführungs-Strömungsmenge = Luftströmungsmenge laut Luftströmungsmesser x Soll-Abgasrückführungsrate (1)

[0049] Das Außer-Betrieb-Verhältnis des Betriebsverhältnissignals wird schließlich bestimmt, um das Außer-Betriebs-Signal zu dem Unterdruck-Regelungsventil 28 zu übermitteln, so daß das Abgasrückführungsgas in den Einlaß-Luftkanal 23 mit vorbestimmter Abgasrückführungs-Strömungsmenge strömt.

[0050] Darüber hinaus ist eine spezielle Konstruktion der Kraftstoff-Einspritzpumpe 20 in Fig. 3 gezeigt. [0051] Fig. 3 zeigt eine Verteiler-Kraftstoff-Einspritzpumpe 20, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge und der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt elektronisch geregelt werden.

[0052] Ein derartiges Kraftstoffeinspritz-Regelungssystem für einen Dieselmotor ist beispielsweise aus den Druckschriften DE 33 12 950 C2 oder DE 32 38 697 A1 bekannt.

[0053] Wie Fig. 3 zeigt, ist eine Antriebswelle 4 mit einer Abtriebswelle des Motors 21 verbunden. Eine Flügelrad-Zuführpumpe 2 wird mittels der Antriebswelle 4 angetrieben. Kraftstoff, welcher von der Zuführpumpe 2 von einem Kraftstoffeinlaß (nicht dargestellt) angesaugt wird, wird zu einer Pumpenkammer 5 im Inneren eines Gehäuses 1 und zu einer Kolbenkammer 12 einer Kolbenpumpe 3 mittels eines Ansaugkanals 6 übermittelt, welcher zu der Pumpenkammer 5 hin offen ist.

[0054] Ein Eingriffselement 9a einer Stirnflächen-Kurvenscheibe 9 ist fest an ein linkes Ende des Kolbens 7 montiert und befindet sich mit einem Ende (gemäß der Darstellung nach Fig. 3 dem rechten Ende) der Antriebswelle 4 derart im Eingriff, daß eine Gleitbewegung in Axialrichtung des Kolbens 7 möglich ist. Sowohl die Stirnflächen-Kurvenscheibe 9, als auch der Kolben 7 sind auf der gleichen Axiallinie wie die Antriebswelle 4 angeordnet, wobei der Kolben 7 ist in Axialrichtung verlagerbar ist.

[0055] Ein Rollenkäfig ist konzentrisch auf einem Außenumfang eines Verbindungsteils zwischen der Antriebswelle 4 und der Stirnflächen-Kurvenscheibe 9 angeordnet. Der Rollenkäfig 10 dient zum Festhalten einer Mehrzahl von Rollen 11. Darüber hinaus sind Kurvenscheibenflächen 9b ausgebildet, welche als Kurvenscheibenbereiche für unterschiedliche Geschwindigkeiten dienen, wobei deren Anzahl der Anzahl der Motorzylinder entspricht und wobei die Kurvenscheibenfläche 9b gegen die Rollen 11 mittels einer Feder 15 gepreßt werden.

[0056] Eine Mehrzahl von Saugschlitzen 8, deren Anzahl gleich der Anzahl der Motorzylinder ist, sind an einer Spitze der Kolbens 7 ausgebildet. Wenn die Kurvenscheibenfläche 9b, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist, sich mit der Antriebswelle 9 dreht, läuft sie über die Rollen 11, welche in dem Rollenkäfig 10 angeordnet sind, und es wird eine Hin- und Herbewegung über einen vorbestimmten Hub ausgeführt, wobei Kraftstoff, welcher durch den jeweiligen Saugschlitze 8 angesaugt wurde, und in der Kolbenkammer 12 unter Druck gesetzt wurde, in die Verteileröffnungen für jeden der Zylinder gepreßt wird, welche mit der Kolbenkammer 12 verbunden sind, und der Kraftstoff so zu einer Einspritzdüse mittels eines Zuführventils geleitet wird.

[0057] Eine Kraftstoffrückführleitung 13 ist zwischen der Kolbenkammer 12 und der Pumpenkammer 5 verbunden, welche unter einem geringen Druck steht. Ein Elektromagnetventil 14, welches sehr

schnell anspricht, ist in dem Kraftstoff-Rückführkanal 13 vorgesehen, wobei dieses Ventil in Abhängigkeit von einem Signal (Fahrsignal) betätigt wird, welches von einem Fahr-Schaltkreis gemäß den Betriebsbedingungen des Motors geliefert wird. Das Elektromagnetventil 14 ist installiert, um die Kraftstoffmenge, den Einspritzzeitpunkt und die Einspritzdauer zu steuern. Wenn das Elektromagnetventil 14 während eines Druckhubs des Kolbens 7 geschlossen ist, wird mit dem Einspritzen des Kraftstoffs begonnen, und wenn umgekehrt das Elektromagnetventil geöffnet ist, wird der Kraftstoff-Einspritzvorgang beendet. In anderen Worten wird der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt entsprechend einem Zeitpunkt gesteuert, bei welchem das Elektromagnetventil 14 geschlossen ist, und die Kraftstoff-Einspritzmenge wird entsprechend einer Zeitdauer gesteuert, während welcher das Elektromagnetventil 14 geschlossen ist.

[0058] Obgleich die NO_x -Konzentration mit zunehmender Abgasrückführungsrate verringert werden kann, wird die Rauchkonzentration abrupt vergrößert. In diesem Fall kann auch dann, wenn das Mischen während der Diffusions-Verbrennung aufgrund einer Verstärkung des Wirbels verbessert wird, die Konzentration des Rauchs bei der großen Abgasrückführungsrate nur unzureichend verringert werden.

[0059] Um obiges Problem zu beseitigen, verzögert die Regelungseinheit 31 den Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt auf einen Zeitpunkt oder Kurbelwellenwinkel hinter einem oberem Totpunkt (TDC), so daß eine stark vergrößerte Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode auftritt, wenn der Motor in einem Bereich betrieben wird, in welchem eine hohe Abgasrückführungsrate auftritt.

[0060] Fig. 4 zeigt ein Diagramm des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts vergleichbar mit dem Diagramm nach Fig. 2.

[0061] Wie Fig. 4 zeigt, wird in einem Betriebsbereich, in welchem eine mittlere Motorlast herrscht (Mittelbereich) oder in welchem die Motorlast hoch ist, während der Motordrehzahlbereich gering ist, der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt auf einen Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt (+ 4 ATDC und + 2 ATDC) verzögert. Dies geschieht daher, weil die deutliche Verzögerung des Kraftstoff-Einspritzzeitpunkts hervorruft, daß die angesaugte Luft eine relativ niedrige Temperatur aufweist, so daß ein Verhältnis von vorgemischtem Luft-Kraftstoff-Verbrennungsgas erhöht wird, was zu einer Unterdrückung der Rauchbildung führt.

[0062] Wenn die Motor-Betriebsbedingungen in einem mittleren bis hohen Motorlastbereich liegen, in welchem die Motordrehzahl ebenfalls mittel oder hoch ist, wird der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt mit zunehmender Motordrehzahl auf einen früheren Zeitpunkt verschoben.

[0063] Dies geschieht daher, weil, obgleich die Zündverzögerungsperiode konstant ist, der Kurbelwellenwinkel, bei welchem die Zündverzögerung auf-

tritt (ein Wert der Umwandlung von der Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode zu dem Kurbelwellenwinkel), größer im Verhältnis zu einer Steigerung der Motordrehzahl (U/min) ist, so daß der Einspritzzeitpunkt mit einer zunehmenden Vergrößerung der Motordrehzahl früher erfolgt, um den Zündzeitpunkt für jede mögliche Motordrehzahl annähernd konstant zu halten. Beispielsweise entspricht 1 ms dem Kurbelwellenwinkel von $7,2^\circ$ bei 1200 U/min. Jedoch entspricht 1 ms bei einer Motordrehzahl von 3600 U/min dem Kurbelwellenwinkel von $21,6^\circ$. Dies führt dazu, daß der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt um einen Winkel von etwa 5° bei einer Motordrehzahl von 3600 U/min früher im Vergleich mit der Motordrehzahl von 1200 U/min erfolgen zu lassen, um den Zündzeitpunkt bei 1200 U/min und 3600 U/min zum gleichen Zeitpunkt erfolgen zu lassen.

[0064] Wie jedoch Fig. 4 zeigt, ist es bei einem niedrigen Lastbereich, bei welchem kein Rauch erzeugt wird, nicht notwendig, die Erzeugung von Rauch zu unterdrücken, aber es ist notwendig, eine abrupte Zunahme von einem Kohlenwasserstoff HC zu unterdrücken. Zu dem Zweck, die vorgenannten Probleme zu beseitigen, wird der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt auf einen früheren Zeitpunkt verglichen mit einem Bereich hoher Last verschoben. Dies ist darauf zurückzuführen, daß, wenn der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt während eines Niedriglastbereichs, in welchem die Wandtemperatur der Motor-Verbrennungskammern klein ist, der gleiche wie bei Hochmotorlast ist, ein Zündzeitpunkt aufgrund einer Verlängerung der Zündzeitpunktsverzögerungsperiode verzögert wird, so daß die Verbrennungskammertemperatur verringert würde, was zu einer hohen Konzentration von HC führen würde.

[0065] Da der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt wie in Fig. 4 gezeigt abgeleitet wird, regelt die Regelungseinheit 31 einen Zeitpunkt (eine dem Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt entsprechende Menge) bei welcher das Elektromagnetventil 14, welches in Fig. 3 gezeigt ist, geschlossen wird.

[0066] Fig. 5 zeigt ein Betriebs-Flußdiagramm, bei welchem der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt und das Kraftstoffeinspritzintervall (Kraftstoffeinspritzmenge) geregelt werden und welches bei konstanten Zeitperioden ausgeführt wird.

[0067] Bei Schritt 1 gemäß Fig. 5 liest die CPU der Regelungseinheit 31 die Motordrehzahl Ne, den Drosselklappen-Öffnungswinkel Acc, die Kühlmitteltemperatur Tw, und die Kraftstofftemperatur TF ein. Die Motorgeschwindigkeit Ne wird sowohl aufgrund des Bezugsimpulses (ein Impuls wird pro Umdrehung der Kraftstoffpumpe 20 erzeugt) und eines Skalenimpulses (36 Impulse pro Umdrehung der Kraftstoffpumpe) berechnet. Jeder Sensor 34, 35 dient zum Erfassen der Kühlmitteltemperatur Tw und der Kraftstofftemperatur TF.

[0068] In Schritt 2 gemäß Fig. 5 werden ein Kraftstoff-Basis-Einspritzzeitpunkt ltm und Kraftstoff-Basis-Einspritzintervall Avm ermittelt, indem die jeweili-

ge zugehörige Tabelle abgelesen wird, welche die Motordrehzahl N_e und den Drosselklappen-Öffnungswinkel Acc enthält. Die Tabelle (nicht dargestellt) des Basis-Kraftstoff-Einspritzzeitpunkts Itm ist eine Tabelle, welche den Drosselklappen-Öffnungswinkel Acc und die Motordrehzahl N_e als Parameter aufweist, um die in dem Diagramm nach Fig. 4 gezeigte Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt-Charakteristik zu verwirklichen.

[0069] Wie in Fig. 6 gezeigt ist, wird das Basis-Kraftstoff-Einspritz-Intervall Avm länger, wenn der Drosselklappen-Öffnungswinkel Acc größer wird.

[0070] Darüber hinaus wird ein Kraftstoff-Einspritz-Korrekturwert ΔItm unter Berücksichtigung der Kraftstofftemperatur TF und der Kühlmitteltemperatur T_w ermittelt, so daß der Kraftstoff-Einspritz-Korrekturwert ΔItm zu dem Basis-Kraftstoff-Einspritz-Zeitpunkt Itm addiert wird, um gemäß Fig. 5 den Kraftstoff-Einspritz-Zeitpunkt in den Schritten 3 und 4 zu korrigieren.

[0071] Der Kraftstoff-Einspritz-Zeitpunkt-Korrekturwert ΔItm wird zusätzlich durch zwei Korrekturwerte ΔItm_1 und ΔItm_2 korrigiert.

[0072] Fig. 7 zeigt ein Diagramm des einen Korrekturwerts ΔItm_1 (Kraftstofftemperatur-Korrekturwert), und Fig. 8 zeigt ein Diagramm des anderen Korrekturwerts ΔItm_2 (Kühlmitteltemperatur-Korrekturwert).

[0073] Gemäß jeder der charakteristischen Kurven nach Fig. 7 und 8 wird ein positiver Winkel-Korrekturwert größer, wenn die entsprechende Temperatur kleiner wird. Dies geschieht daher, weil für den Fall, daß die entsprechende Temperatur kleiner wird, die Verbrennungsgeschwindigkeit langsamer wird. In dieser Weise wird eine Temperaturkompensation durchgeführt.

[0074] In einem Schritt 5 gemäß Fig. 5 wird der abgeleitete Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt $IT (= Itm + \Delta Itm)$ und das Basis-Kraftstoff-Einspritz-Intervall Avm in vorbestimmten Adressen gespeichert.

[0075] Bei dem Einspritzzeitpunkt IT wird das Elektromagnetventil 14 geschlossen und danach wird das Elektromagnetventil 14 zu einem Zeitpunkt geöffnet, in welchem das Basis-Kraftstoff-Einspritz-Intervall Avm verstrichen ist.

[0076] Nachfolgend wird der Betrieb des bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Fig. 9 näher erläutert.

[0077] Fig. 9 zeigt Konzentrations-Charakteristiken sowohl von NO_x , als auch von Rauch bezogen auf die Abgasrückführungsrate in den Fällen, wo der Kraftstoffeinspritz-Zeitpunkt bei einem Kurbelwellenwinkel vor dem oberen Totpunkt (BTDC) liegt und wobei der Kraftstoffeinspritz-Zeitpunkt bei einem Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt (ATDC) liegt.

[0078] Obgleich die Konzentration von NO_x mit zunehmender Abgasrückführungsrate bei einem Kraftstoffeinspritz-Zeitpunkt vor dem oberen Totpunkt ($IT = -4$ ATDC) sinkt, steigt die Konzentration von Rauch abrupt in Form einer progressiv steigenden Kurve an, wie in Fig. 9 gezeigt ist.

[0079] Wenn jedoch der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt bei einem Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt ($IT = +4$ ATDC) liegt, entsteht eine Tendenz zur Verringerung des Rauchs als auch zur Verringerung von NO_x mit zunehmender Abgasrückführungsrate.

[0080] Die Gründe für eine Verringerung der Rauchkonzentration liegen darin, wie anhand des Wärmeauslaßdiagramms gemäß Fig. 9 gezeigt ist, daß durch die extrem starke Verzögerung des Einspritzzeitpunkts und die höhere Abgasrückführungsrate eine deutliche Verlängerung der Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode stattfindet, so daß ein hoher Prozentsatz der Verbrennung in der Vormix-Luft-Verbrennung stattfindet. In anderen Worten, wenn der Einspritzzeitpunkt herkömmlicherweise auf einen Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt verzögert wird, wenn die Abgasrückführungsrate nicht so hoch ist, kann die Tendenz zu einer höheren Rauchkonzentration wie in Fig. 10 gezeigt nicht unterdrückt werden.

[0081] Weil gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ein großer Prozentsatz der Verbrennung in der Vormix-Luft-Verbrennung stattfindet, kann die Rauchkonzentration deutlich verringert werden, auch wenn der Betrieb bei einer hohen Abgasrückführungsrate erfolgt.

[0082] Gemäß Fig. 9 beträgt der Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt beispielsweise 4° . Weil der kritische Punkt sowohl für die Vormix-Luft-Verbrennung, als auch für die Diffusions-Verbrennung in Abhängigkeit von dem verwendeten Motor unterschiedlich ist, ist eine Anpassung an den jeweiligen Motor erforderlich, wobei der spezielle Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Totpunkt für jeden dieser Motoren ermittelt werden muß.

[0083] Darüber hinaus zeigt Fig. 11 eine Charakteristik der Kraftstoffverbrauchsrate für dieses erste Ausführungsbeispiel.

[0084] Aufgrund der Verzögerung des Kraftstoff-Einspritzzeitpunkts gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird ein Grad des konstanten Hubraums des Dieselmotors verschlechtert, aber ein Kühlverlust aufgrund der Verringerung der Verbrennungstemperatur deutlich verringert.

[0085] Aus diesem Grund verschlechtert sich die Kraftstoffverbrauchsrate nicht, obgleich eine Verzögerung des Kraftstoff-Einspritzzeitpunkts stattfindet. Dabei bedeutet der Grad des konstanten Volumens einen Arbeits-Wirkungsgrad und dieser Arbeits-Wirkungsgrad ist als folgender Wert definiert: Arbeits-Wirkungsgrad = indizierte Arbeit/erzeugte Wärme = indizierte Leistung/(1 - Kühlverlust).

[0086] In dem ersten Ausführungsbeispiel wird die Temperaturkompensation durch einen weiter vorgerückten Winkel des verzögerten Einspritzzeitpunkts kompensiert, wenn sowohl die Kraftstofftemperatur, als auch die Kühlmitteltemperatur niedriger werden, so daß der gleiche Zündzeitpunkt sowohl bei der niedrigeren Temperaturzeit, als auch bei der höheren Tem-

peraturzeit erreicht werden kann.

[0087] Fig. 12 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel.

[0088] Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist eine Vorverdichtungs-Vorrichtung 41 vorgesehen, welche einen mechanischen Vorverdichter 42 aufweist sowie mit einem verstellbaren Riementrieb und einer Vorrichtung zum Steuern einer Wirbelvorrichtung-Drehzahl zusätzlich zu dem Abgasrückführungssystem versehen ist, wie es bereits bei dem ersten Ausführungsbeispiel vorgesehen ist.

[0089] Der Vorverdichter 42 ist in dem Einlaß-Luftkanal 23 hinter der Mischstelle des Abgasrückführungsgases mit der Einlaßluft angeordnet und mit dem Motor 21 mittels einer Riemenscheibe 45, welche ihrerseits mit der Kurbelwelle des Motors gekuppelt ist, sowie mittels einer verstellbaren Riemenscheibe 43 und eines um die beiden Riemenscheiben gewickelten Riemens 44 verbunden. Bei der verstellbaren Riemenscheibe 43 wird das Riemenscheibenprofil mittels einer Betätigungseinrichtung (nicht dargestellt) in Abhängigkeit von einem Signal von der Regelungseinheit 51 derart verstellt, daß ein Drehzahlverhältnis zwischen dem Motor 21 und dem Vorverdichter 42 größer oder kleiner wird.

[0090] Die Regelungseinheit 51 regelt das oben beschriebene Drehzahlverhältnis so, daß ein annähernd konstanter Vorverdichtungsdruck von 400-500 mmHg über den gesamten Motordrehzahlbereich aufrechterhalten wird.

[0091] Fig. 13 zeigt einen Verlauf des Drehzahlverhältnisses.

[0092] Wenn die Motordrehzahl relativ gering ist, beträgt das Drehzahlverhältnis 3 : 1, so daß die Drehzahl des Vorverdichters 42 derart gesteigert wird, daß der Vorverdichtungsdruck sich erhöht. Bei dem hohen Drehzahlbereich der Motordrehzahl wird die Abgasrückführungsrate kleiner, die Konzentration von HC wird verringert, und der maximale Zylinderinnen- P_{max} wird entsprechend vergrößert. Zu diesem Zeitpunkt ist das Drehzahlverhältnis klein und beträgt 1 : 1, so daß der Vorverdichtungsdruck nicht erhöht wird.

[0093] Darüber hinaus wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel, wenn die Einlaßluft mit dem Abgasgemisch mittels des Abgasrückführungskanals 26 in den Vorverdichter 42 geleitet wird, eine Ablagerung aufgrund der Kohlenstoffkomponente oder Rußkomponente des Abgases erzeugt.

[0094] Um derartige Ablagerungen zu verhindern, wird ein schraubenartiger Vorverdichter 42 verwendet, bei welchem die Steifigkeit der Blätter hoch ist und ein Linien-zu-Linien-Kontakt mit dem Gehäuse verwirklicht wird.

[0095] Darüber hinaus ist eine Rotorblatt-Wirbel-Regelungseinrichtung in den Fig. 14 und 15 gezeigt.

[0096] Die Rotorblatt-Wirbel-Regelungseinrichtung ist versehen mit:

a) einem Rotorblatt 47, welches drehbar an einer

Stelle in der Nähe eines Wirbelkanals 46b eines sogenannten Spiral-Einlaßtors 46 installiert ist (welches mit einem im wesentlichen geradlinigen Einlaßkanal 46a und einem Wirbelkanal 46b versehen ist, welcher um eine Achse des Einlaßventils des Motors gewunden ist);

b) einem Verbindungsmechanismus 49, welcher mit dem Blatt 47 verbunden ist; und

c) einer Betätigungseinrichtung 48 zum Betätigen der Verbindungseinrichtung 49.

[0097] Die Einstellung des Wirbelverhältnisses ist bei einer Rotationsstellung des Rotorblatts 47 möglich. Beispielsweise wird bei der Blattstellung nach Fig. 14 ein hohes Wirbelverhältnis erreicht. Wenn jedoch das Blatt 47 die in Fig. 15 gezeigte Stellung erreicht, wird ein geringes Wirbelverhältnis erreicht. Diese Rotorblatt-Wirbel-Regelungseinrichtung spricht sehr schnell an und ein großer (kontinuierlicher oder stufenweiser) Bereich der Wirbelregelung kann erreicht werden. Deshalb ist eine geeignete HC-Regelung möglich, welche stark auf das Wirbelverhältnis reagiert.

[0098] Fig. 16 zeigt ein Diagramm des Wirbelverhältnisses bezogen auf die Motor-Betriebsbedingungen.

[0099] Wie Fig. 16 zeigt, wird das Wirbelverhältnis mit abnehmender Motordrehzahl größer. Im Hochgeschwindigkeitsbereich geht eine Verringerung des Volumenwirkungsgrads mit einem hohen Wirbelverhältnis einher. Die Verbesserung der Verbrennung aufgrund einer Hochdruck-Einspritzung erfordert die Notwendigkeit einer Schwächung des Wirbels, so daß mit größer werdender Motordrehzahl das Wirbelverhältnis stufenweise verringert wird.

[0100] Die verstellbare Wirbelverhältnis-Betätigungseinrichtung 48 weist einen Membranbetätiger mit einer zweistufigen Feder (nicht dargestellt) und einem Unterdruck-Regelungsventil auf, welches in drei Stufen einen geregelten Unterdruck durch Verdünnen der Atmosphäre auf einen konstanten Unterdruck erzeugt, welcher von einer Unterdruckquelle stammt.

[0101] Die Regelungseinheit 51 erzeugt ein Basis-Wirbelverhältnis durch Ablesen in einer Tabelle (nicht dargestellt) des Wirbelverhältnisses (Basis-Wirbelverhältnis), wobei die Tabelle die Motordrehzahl N_e und den Drosselklappen-Öffnungswinkel α als Parameter enthält. Der Öffnungswinkel V_b des Unterdruck-Regelungsventils gemäß dem abgelesenen Basis-Wirbelverhältnis wird eingelesen und in einer vorbestimmten Adresse gespeichert (Schritte 11-14 in Fig. 17).

[0102] Fig. 18 zeigt jeweilige Konzentrations-Charakteristiken der Konzentration von HC, Rauch, und NO_x bezogen auf die Abgasrückführungsrate.

[0103] Die Symbole R, R + C und R + C + S zeigen in Fig. 18 folgendes:

R: den Fall, in dem der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt auf einen Kurbelwellenwinkel hinter dem oberen Tot-

punkt verzögert ist (entspricht dem ersten Ausführungsbeispiel);

R + C: den Fall, in dem zusätzlich zu R eine Vorverdichtung stattfindet;

R + C + S: den Fall, in dem zusätzlich zu R eine Vorverdichtung und eine Wirbelregelung stattfindet.

[0104] Dabei reicht bei dem vorgenannten Ausführungsbeispiel der Vorverdichtungsdruck von 400-500 mmHg und das Wirbelverhältnis war 5.

[0105] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel wurde die Konzentration von HC nicht beschrieben. Die Kombination einer großen Abgasrückführungsrate und einer extremen Verzögerung des Einspritzzeitpunkts veranlaßt eine Verringerung der Kraftstofftemperatur, so daß obwohl die Konzentrationen NO_x und Rauch deutlich verringert werden kann, absolut gesehen ein Sauerstoffmangel auftritt und infolgedessen die Konzentration von HC zum Zunehmen neigt, wie anhand von der Kurve "R" in Fig. 18 gezeigt ist. Zum Unterdrücken eines Anstiegs der Konzentration von HC muß ein Oxidationsmittel 40 vorgesehen werden, welches üblicherweise in dem Abgaskanal 25 gemäß dem ersten, in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel angeordnet ist.

[0106] Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel kann, wie in Fig. 18 gezeigt ist, die Konzentration von HC wie auch die Konzentration von NO_x und Rauch in einem Motor-Betriebsbereich, bei welchem die hohe Abgasrückführungsrate Anwendung findet, deutlich verringert werden. In anderen Worten ist es gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel nicht notwendig, ein Oxidationsmittel 40 in dem Abgaskanal vorzusehen, wie es gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erforderlich ist.

[0107] Zusätzlich zu der Vorverdichtung im niedrigen Drehzahlbereich des Motors kann die erforderliche Absolutmenge von Sauerstoff gewährleistet werden und eine Verstärkung des Wirbels erzeugt eine Verbesserung der Kraftstoffverbrennung, so daß die Konzentration von HC deutlich auf ein Niveau verringert werden kann, bei welchem ein Einheitsgrad des Abgases auf einen vorbestimmten beschränkten Wert eingestellt werden kann, ohne ein Oxidationsmedium 40 zu verwenden.

[0108] In Fig. 19 ist ein drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel.

[0109] Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ist ein Sauerstoff-Entfernungsfilter (ein sogenannter Sauerstoffmangelfilter) vorgesehen, wie weiter unten beschrieben werden wird, um die Sauerstoffkonzentration der Einlaßluft zu verringern, anstatt zu diesem Zweck inerte Abgasrückführungsgase in den Einlaßkanal 23 mittels des Abgasrückführungssystems zurückzuführen, um so auf anderem Wege die Sauerstoffkonzentration der Einlaßluft zu verringern.

[0110] Wie Fig. 19 zeigt, zweigt sich der Einlaß-Luftkanal 23 in zwei Kanäle an einer stromabwärts des mechanischen Vorverdichters 42 befindlichen Stelle, und ein Sauerstoff-Entfernungsfilter 63 ist in einem Abzweigungskanal 61 angeordnet. Der

Sauerstoff-Entfernungsfilter 63 ist bekannt und obgleich Sauerstoff durch diesen hindurchdringen kann, kann Stickstoff nicht durch diesen hindurchdringen, wobei hohle Kanäle verwendet werden, welche an die Größe der Sauerstoffmoleküle bzw. Stickstoffmoleküle angepaßt sind.

[0111] Der mittels des Filters 63 entfernte Sauerstoff wird durch den Abgaskanal 25 mittels eines Verbindungskanals 64 herausgeleitet.

[0112] Ein Strömungsmengen-Regelungsventil 65 ist in dem abgezweigten Teil angeordnet, um die Einlaß-Luftstrommenge in dem Abzweigungskanal 61 einzustellen, in welchem der Filter 63 angeordnet ist. Das Strömungsmengen-Regelungsventil 65 wird durch ein Drosselventil (nicht dargestellt) und ein Elektromagnetventil ausgebildet, welches die Öffnungsstellung des Drosselventils in drei Stufen entsprechend einem von der Regelungseinheit 71 ausgegebenen Signal einstellen kann.

[0113] Wenn das Drosselventil seine vollständig geschlossene Stellung einnimmt, wird die gesamte Einlaßluftmenge in den Abzweigungskanal 61 geleitet und mit zunehmendem Öffnungswinkel des Drosselventils wird die in den Abzweigungskanal 61 geleitete Einlaßluftmenge verringert. In anderen Worten, wenn eine Einlaßluftmenge von 10% in den Abzweigungskanal 61 strömt, beträgt die Sauerstoffkonzentration in der Einlaßluft 15%, bzw. wird weiter erhöht, wenn die Einlaß-Luftmenge, welche durch den Abzweigungskanal 62 geleitet wird, erhöht wird. Auf diese Weise wird die Konzentration des Sauerstoffs in der Einlaßluft stufenweise auf 17% und 19% erhöht (dabei wird angemerkt, daß die Luft-Sauerstoffkonzentration 21% beträgt).

[0114] Die in den drei Stufen eingestellte Sauerstoffkonzentration ist bezogen auf die Betriebsbedingungen des Motors in Fig. 20 dargestellt.

[0115] Die stufenweise Charakteristik der Sauerstoffkonzentration entspricht der stufenweisen Charakteristik der in Fig. 2 gezeigten Abgasrückführungsrate. Die Sauerstoffkonzentrationsstufen 15%, 17% und 19% entsprechen den jeweils zugehörigen Abgasrückführungsrate von 100% bzw. 60% bzw. 30%.

[0116] Aus diesem Grund ist der Sauerstoff-Entfernungsfilter-Film in einer solchen Menge vorgesehen, daß eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration auf bis zu 15% bei einem Vorverdichtungsdruck von 400 mmHg eingestellt werden kann. Die konstante Regelung des Vorverdichtungsdrucks wird so ausgeübt, daß ein Einlaßdruck des Sauerstoff-Entfernungsfilters 63 bei Verwendung des Vorverdichters 42 einen Betrag von 400 mmHg aufweist.

[0117] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel arbeiten der Sauerstoff-Entfernungsfilter 63 und das Strömungsmengen-Regelungsventil 65 in der gleichen Weise wie Abgasrückführungssystem gemäß dem oben beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel.

[0118] Aufgrund der funktionalen Unterschiede des Filters 62 und des Regelungsventils 65 bezogen auf

das Abgasrückführungssystem entfällt die Notwendigkeit, das Abgas in den Einlaßkanal zurückzuführen. Infolgedessen kann keine Verunreinigung aufgrund von einer Rußabscheidung aus dem Abgas bei dem Abgasventil und dem Vorverdichter auftreten, und es kann darüber hinaus das Ansteigen der NO_x -Konzentration unterdrückt werden, welchen anderenfalls gemäß einer Erhöhung der Einlaß-Lufttemperatur aufgrund der hohen Abgastemperatur auftreten könnte.

[0119] Um die Verbrennungstemperatur zu verringern, kann eine Verringerung des Motor-Kompressionsverhältnisses und/oder eine Vorkühlung der Einlaßluft als auch eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration der Einlaßluft unter Verwendung des Abgasrückführungssystems gemäß dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel und des Sauerstoff-Entfernungsfilters und der Regelungsventile 63 und 65 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel erwogen werden.

[0120] Wie vorstehend beschrieben das Verfahren zum Steuern der Verbrennung des Dieselmotors die Verbrennungstemperatur des Dieselmotors entsprechend den Motor-Betriebsbedingungen verringert und die Zündzeitpunkts-Verzögerungsperiode in dem Motor-Betriebsbereich stark verlängert, in dem die Verbrennungstemperatur niedrig ist, kann die NO_x -Konzentration ohne eine Erhöhung der Rauchkonzentration verringert werden.

[0121] Verschiedene Wirkungen können durch die beschriebenen Ausführungsbeispiele so gleichermaßen erzielt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors mit den Schritten: Erfassen eines Motorbetriebszustandes, Steuern einer Kraftstoffeinspritzung nach Maßgabe des erfaßten Betriebszustandes des Motors, Rückführen eines Abgases über ein Abgasrückführventil zwischen einem Einlaßkanal und einem Abgaskanal, Erfassen eines Abgasrückführverhältnisses (EGR-Verhältnis), **dadurch gekennzeichnet**, daß das Abgasrückführverhältnis (EGR-Verhältnis) in Abhängigkeit des erfaßten Motorbetriebszustandes gesteuert und gleichzeitig ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (IT) eines Kraftstoffeinspritzventiles (20) in Abhängigkeit des erfaßten Abgasrückführverhältnisses (EGR-Verhältnis) eingestellt werden.

2. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem vergleichsweise hohen Abgasrückführverhältnis (EGR-Verhältnis) den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (IT) des Kraftstoffeinspritzventiles (20) auf einen späten Kurbelwinkel, der einen Kurbelwinkel (BTDC) un-

gefähr vor einer oberen angrenzenden Position eines oberen Totpunktes (TDC) umfaßt, den oberen Totpunkt (TDC) oder den Kurbelwinkel (ATDC) nach dem oberen Totpunkt (TDC) eines Kolbenhubs in jedem Zylinder durch eine Kraftstoffeinspritz-Steuer- vorrichtung eingestellt wird, zur Verlängerung eines Zündverzuges des Kraftstoffes in jedem Brennraum des Motors (21).

3. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sauerstoffkonzentration in einer in den Motor (21) zugeführten Einlaßluft verringert wird.

4. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einlaßluft-Vorverdichtung mittels eines Vorverdichters (41, 42) erfolgt, wenn der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (IT) auf einen Kurbelwinkel hinter dem oberen Totpunkt (TDC) verzögert wird.

5. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wirbel der Einlaßluft mittels einer Wirbel-Regelungsvorrichtung (46 – 49, 51) verstärkt wird, wenn die Verzögerung des Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (IT) auf einen Einspritzzeitpunkt hinter dem oberen Totpunkt (TDC) des Kolbenhubs ausgeführt wird.

6. Verfahren zur Steuerung eines Dieselmotors nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaßluft durch ein Abzweigungsrohr (61) von mindestens zwei Abzweigungskanälen strömt und die Sauerstoffkonzentration der Einlaßluft mittels eines Sauerstoff-Entfernungsfilters (63) verringert wird, sowie die Einlaßluft in Richtung eines Abzweigungskanals mittels eines Strömungsmengen-Regelungsventils (65) geleitet wird, das entsprechend dem Motorbetriebszustand geregelt wird.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

FIG.1

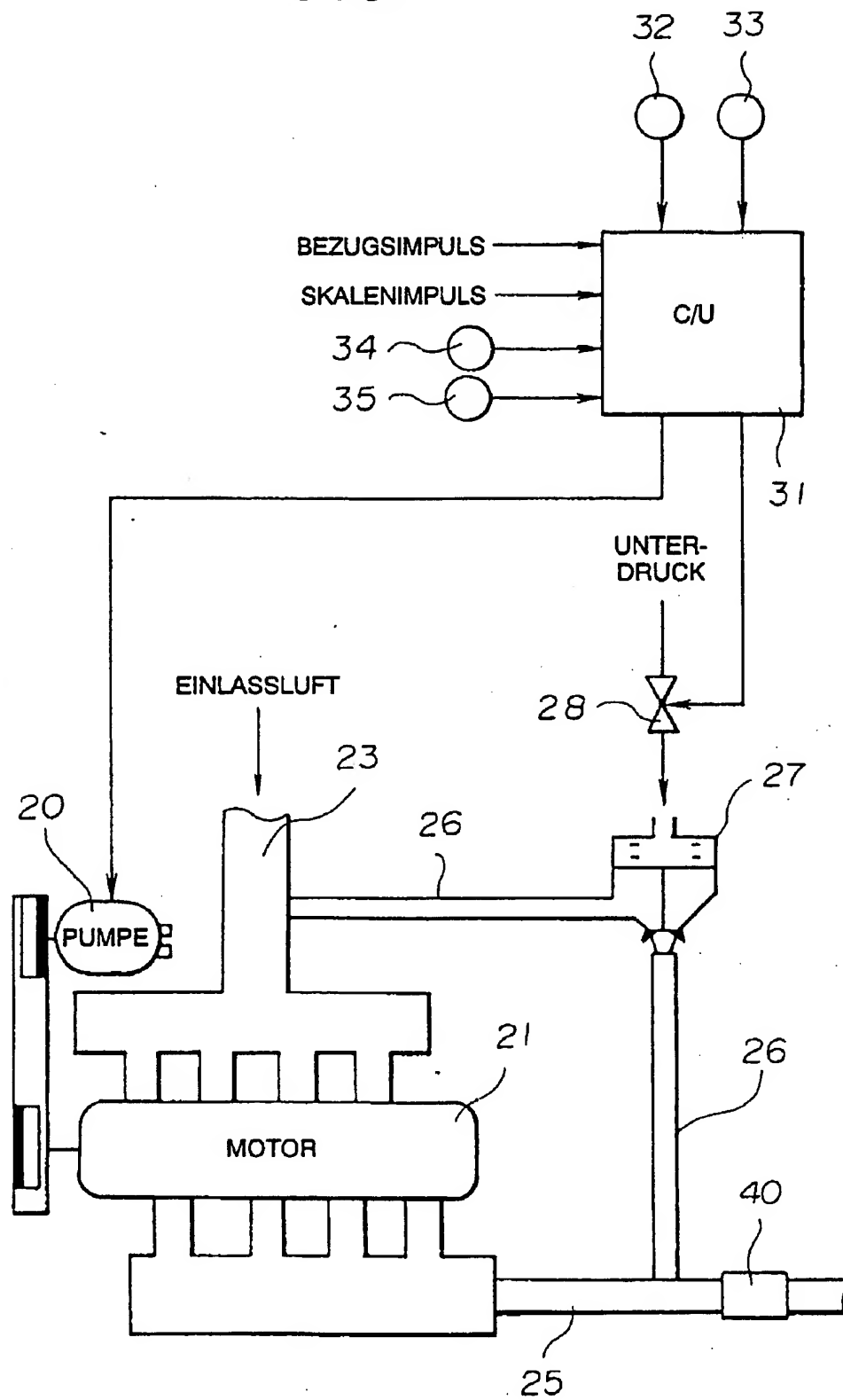


FIG.2

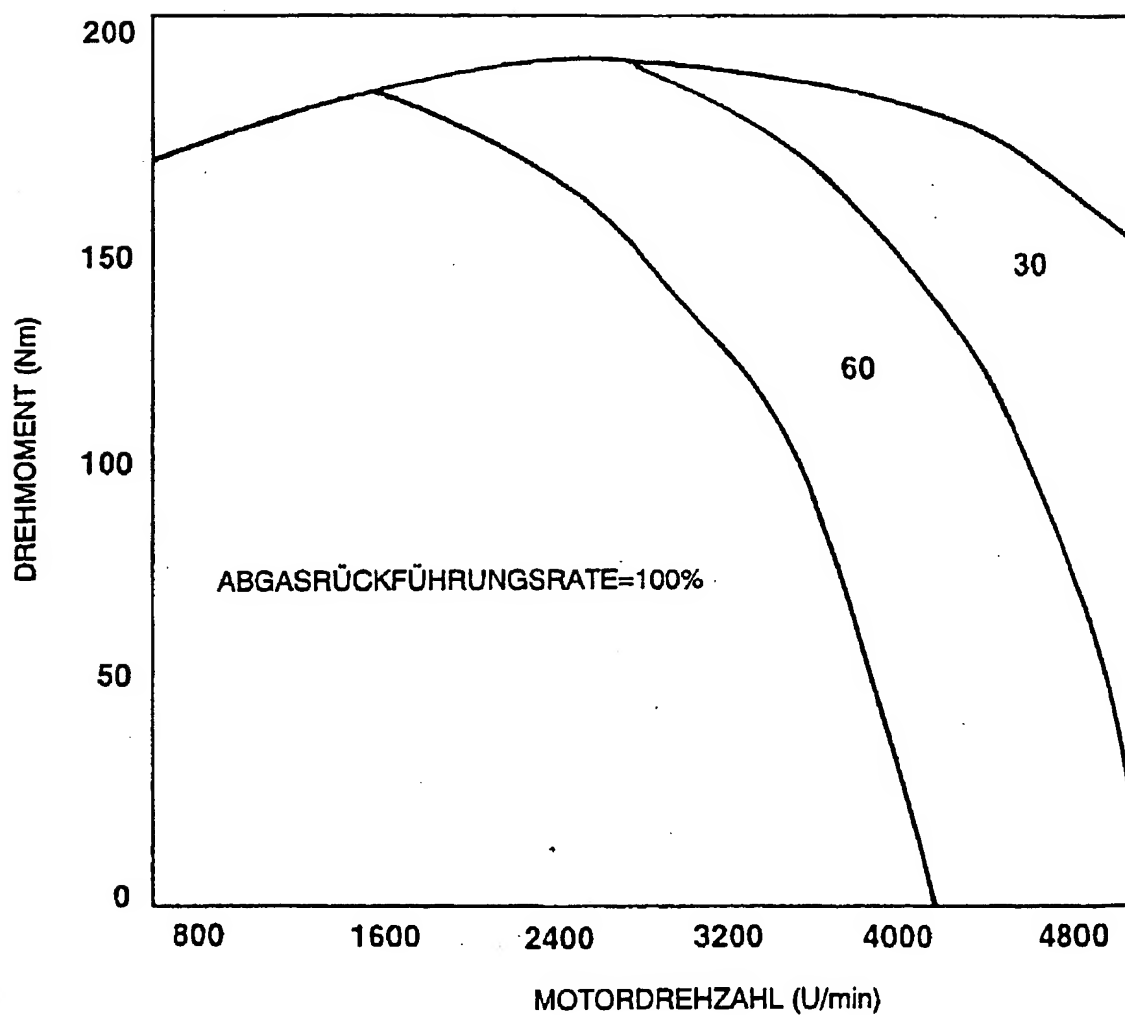


FIG.3

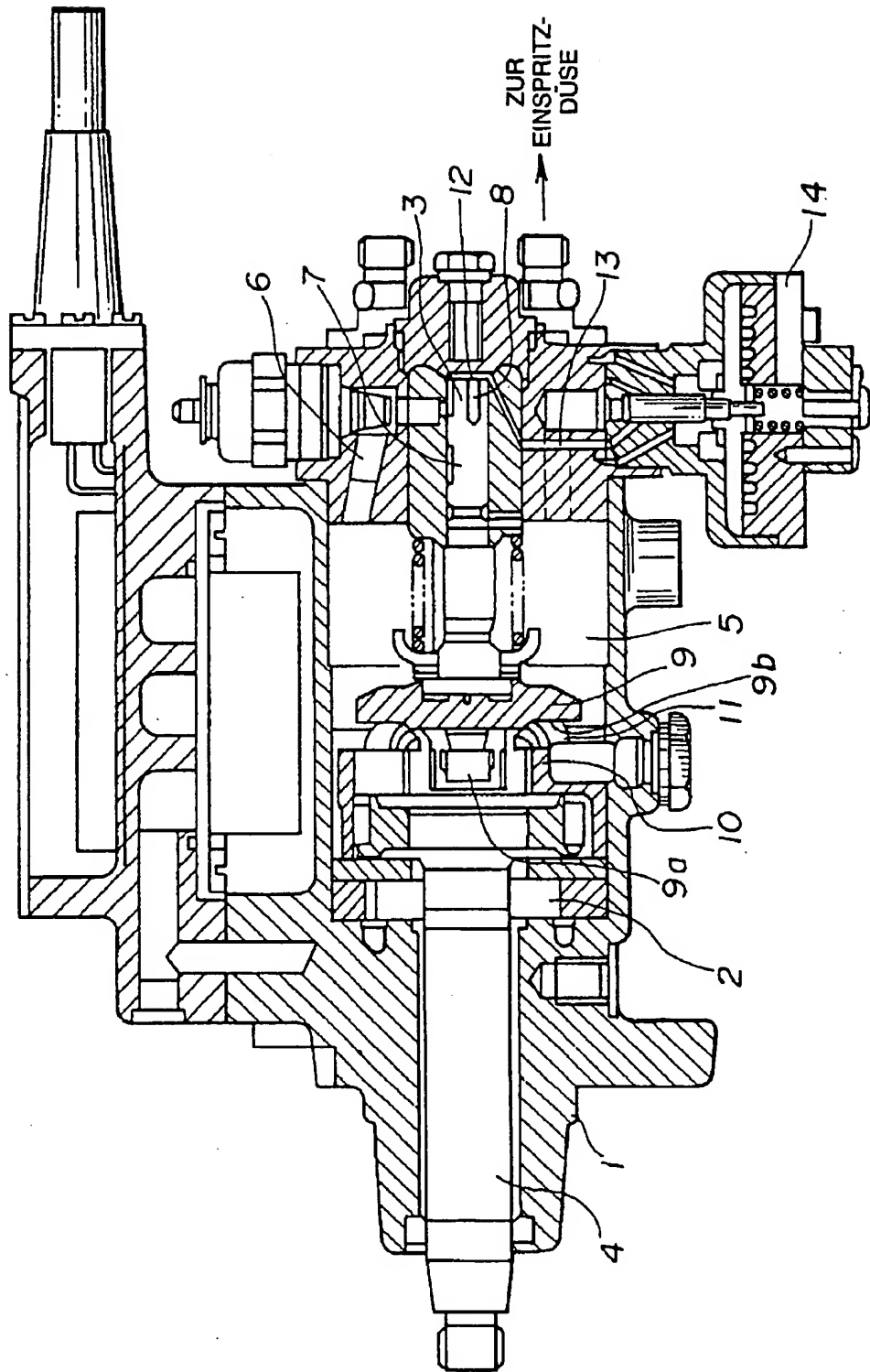


FIG.4

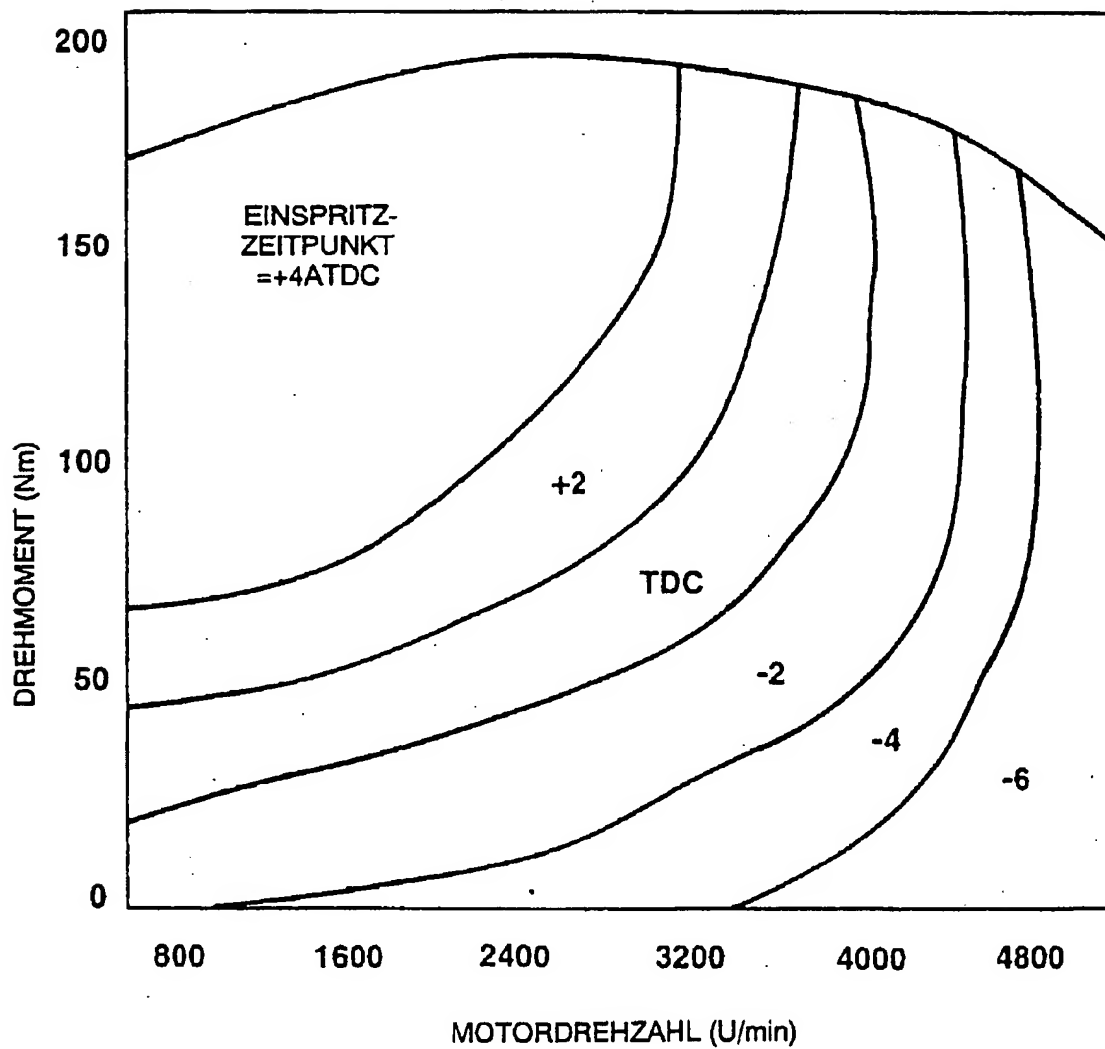


FIG.5

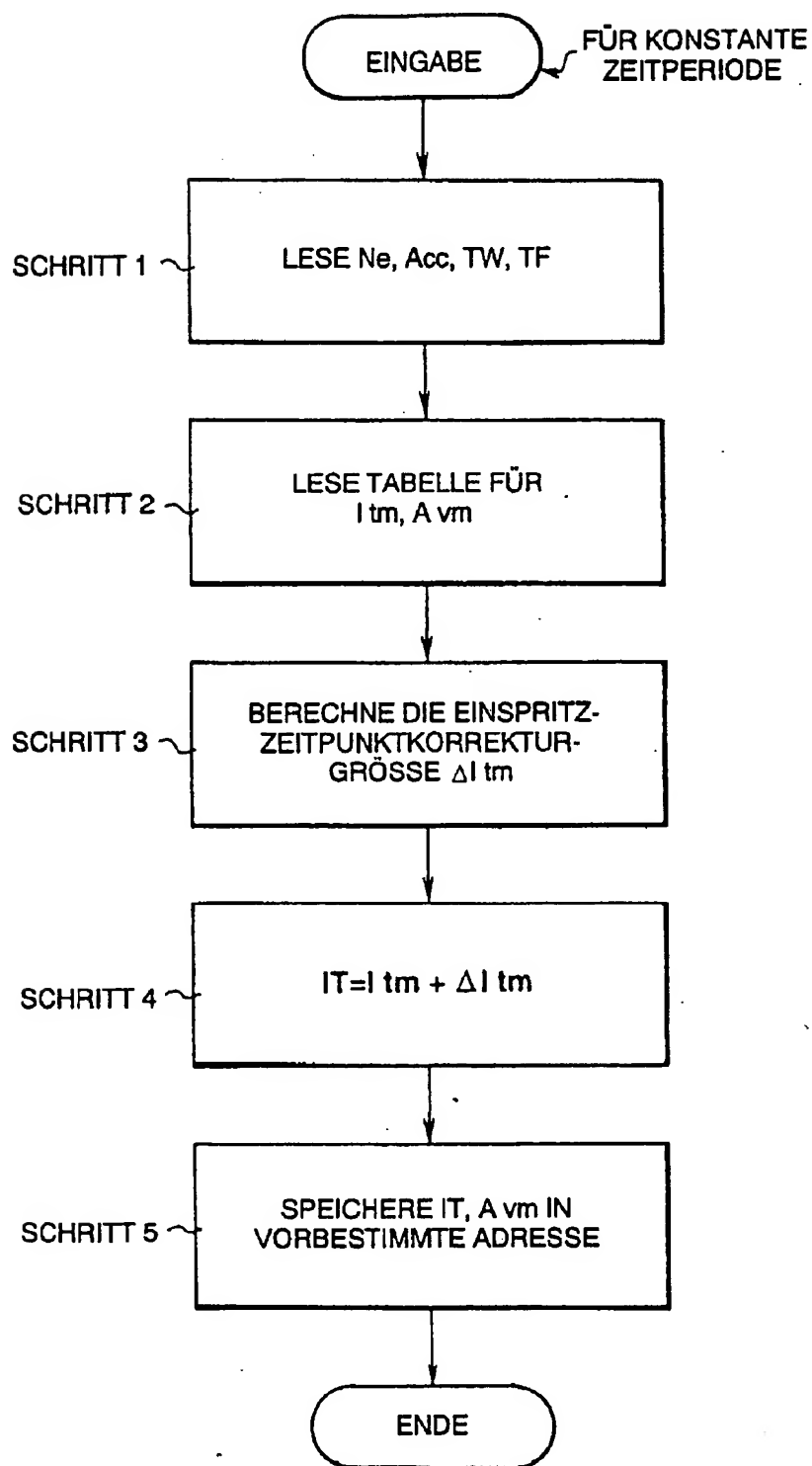


FIG.6

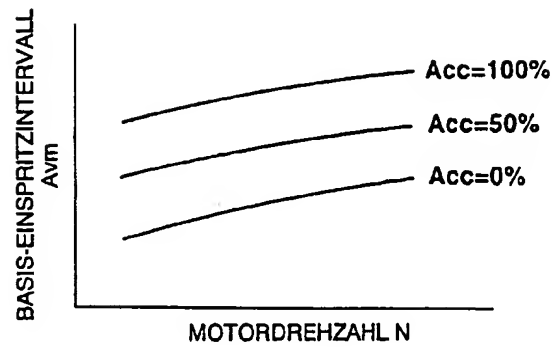


FIG.7

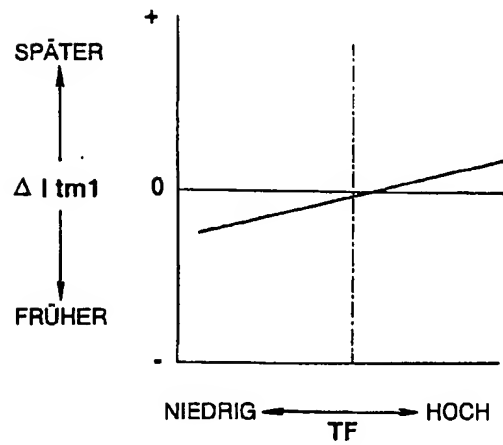


FIG.8

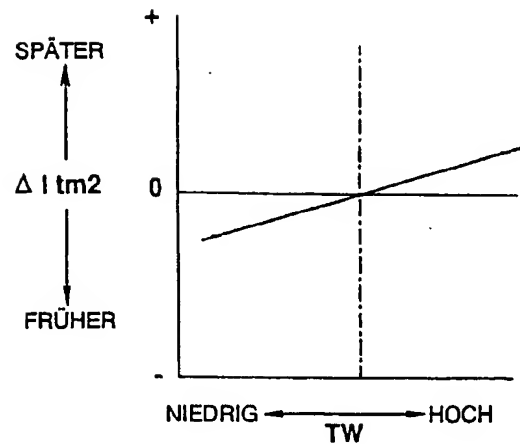


FIG.9

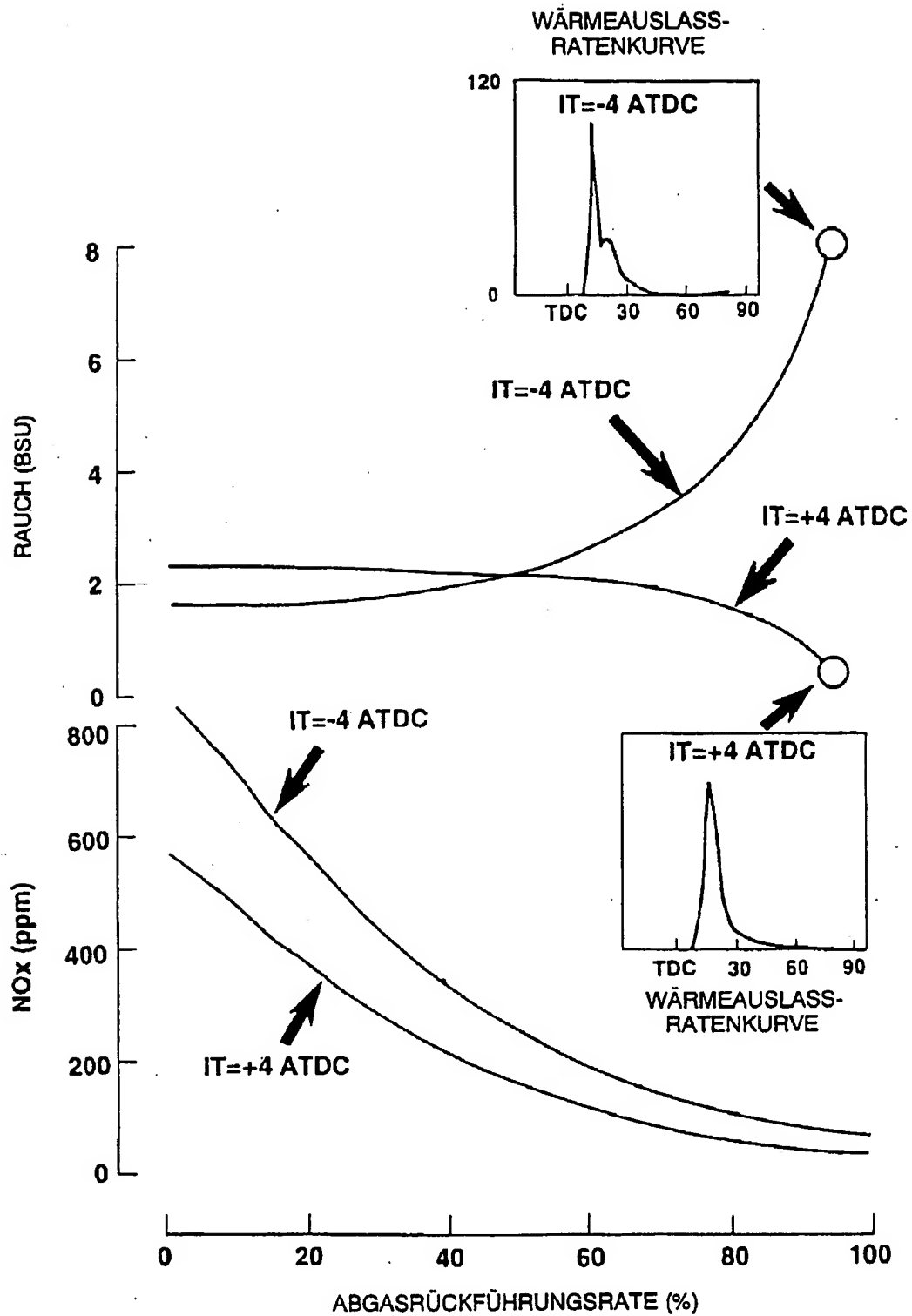


FIG.10

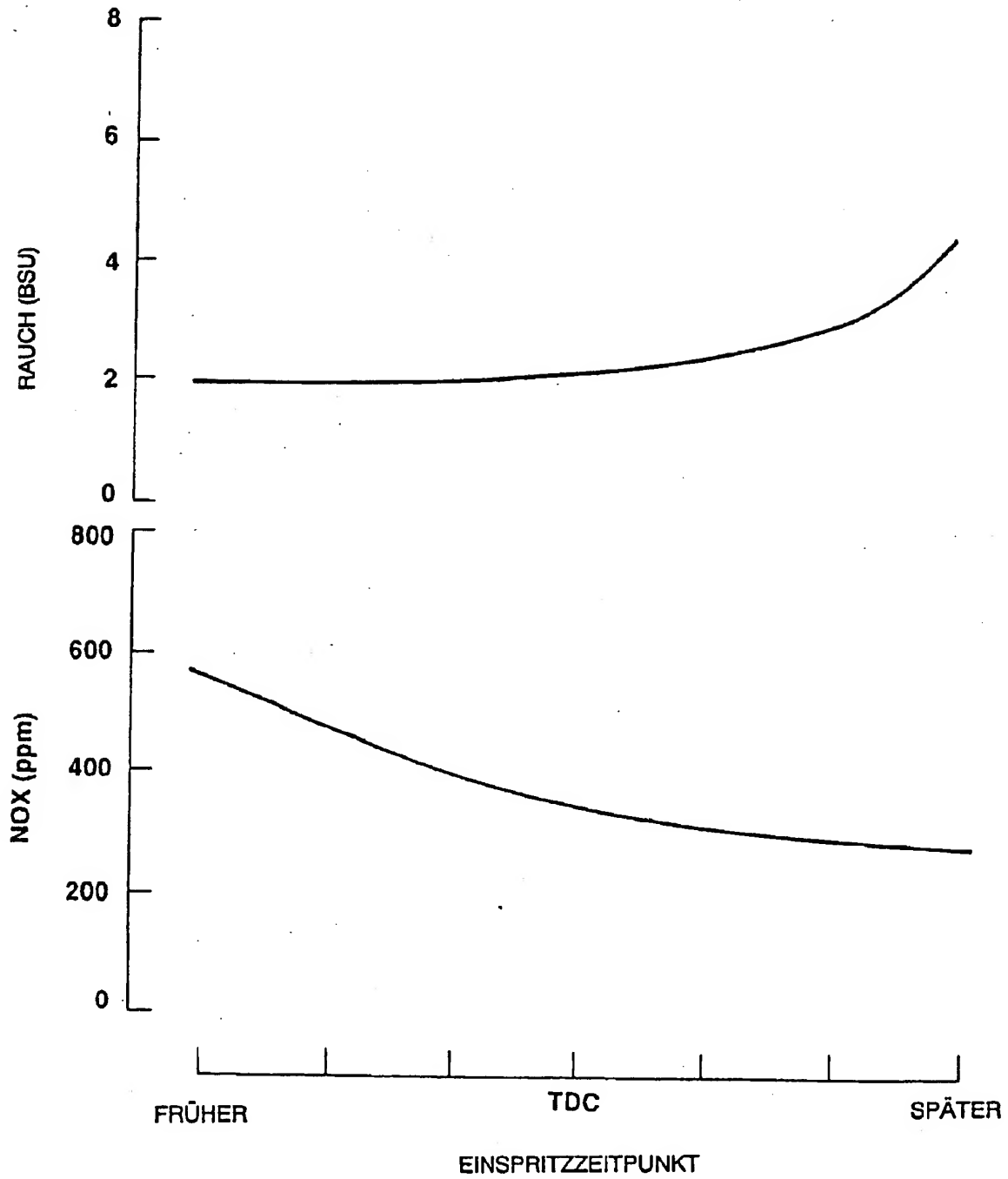


FIG.11

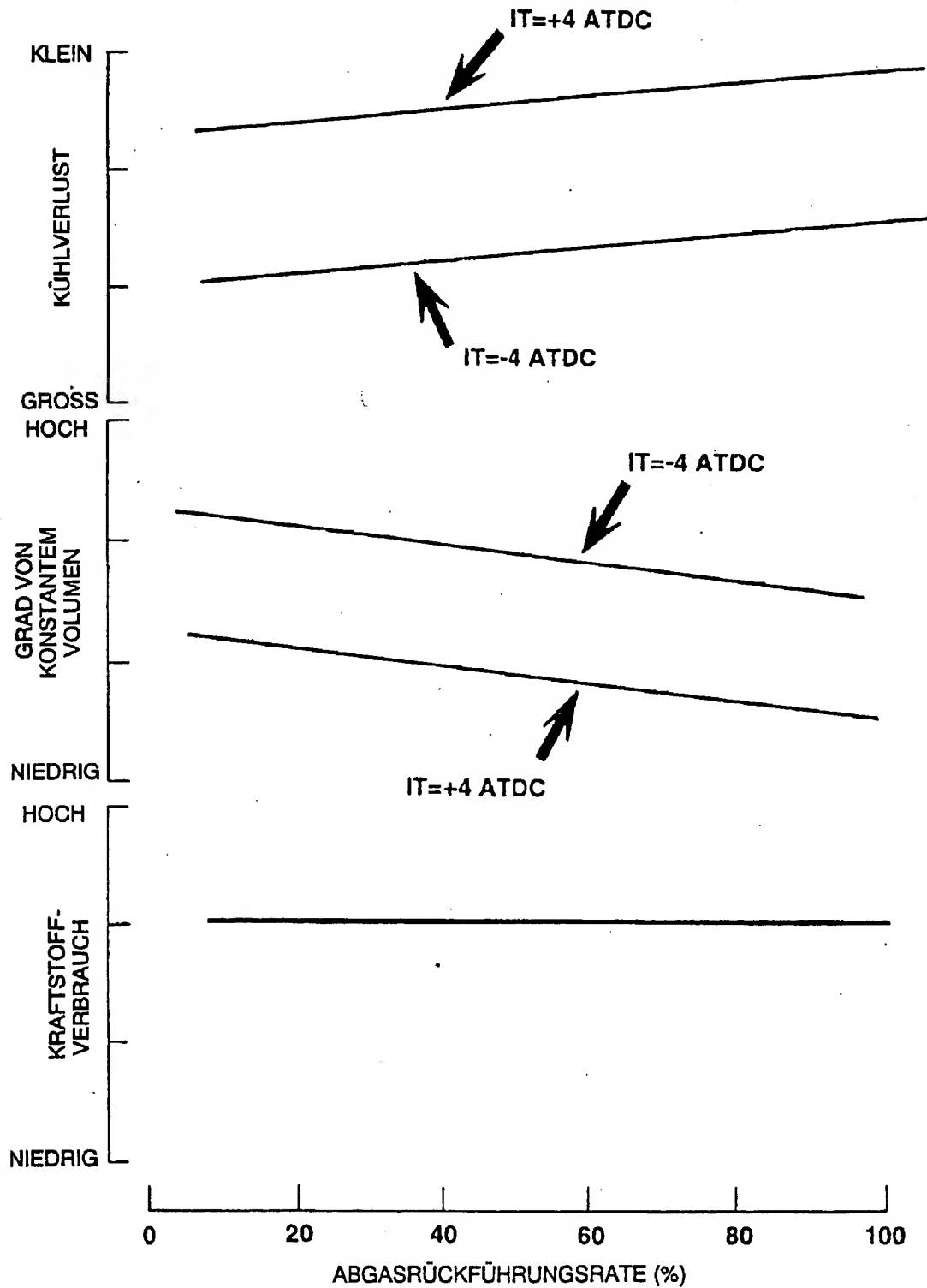


FIG.12

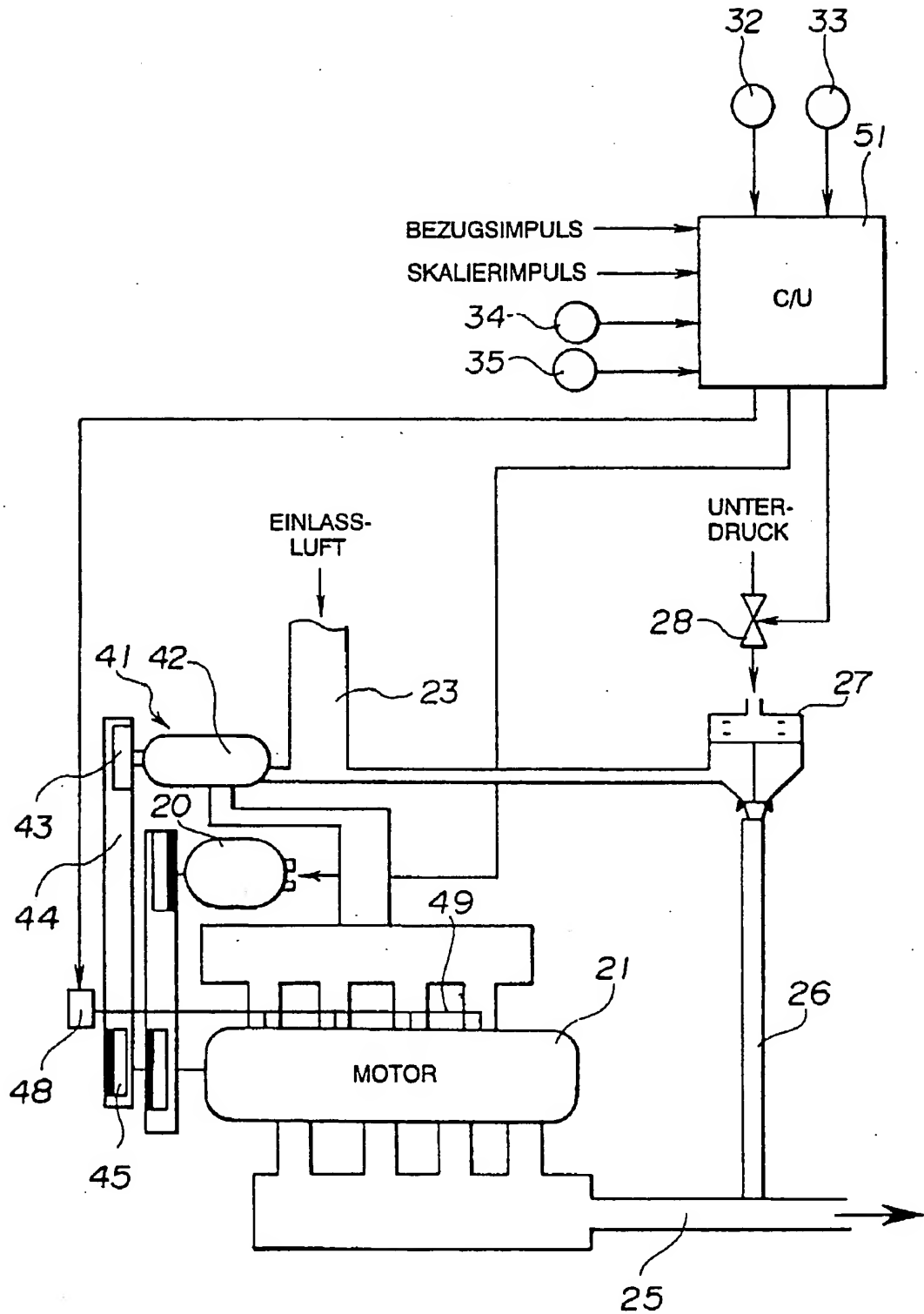


FIG.13

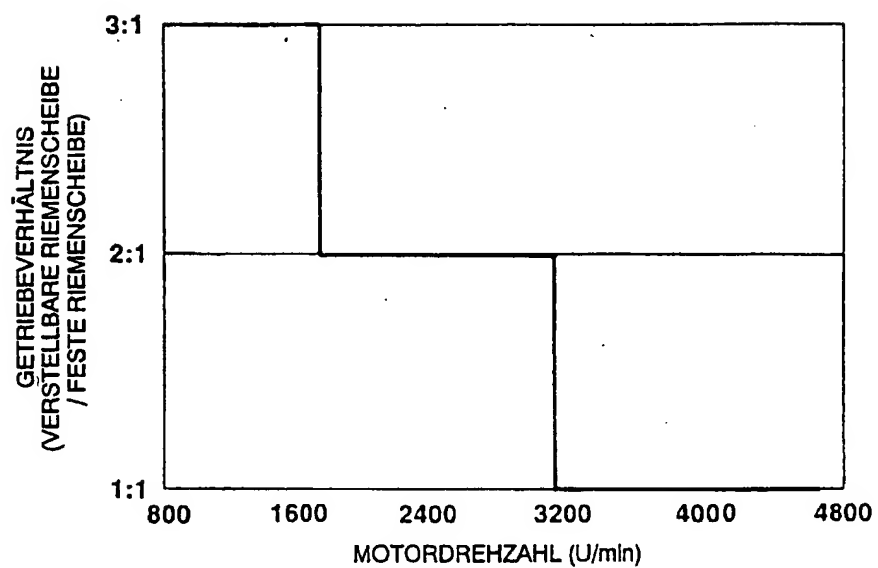


FIG.14

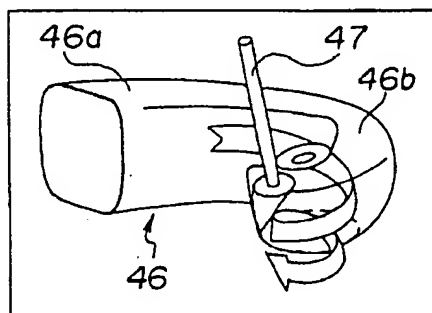


FIG.15

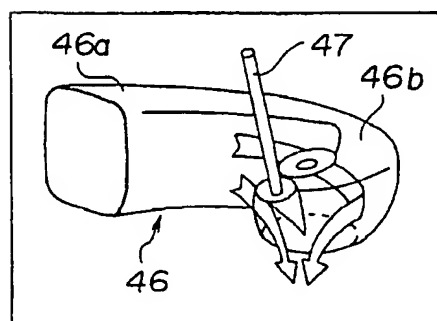


FIG.16

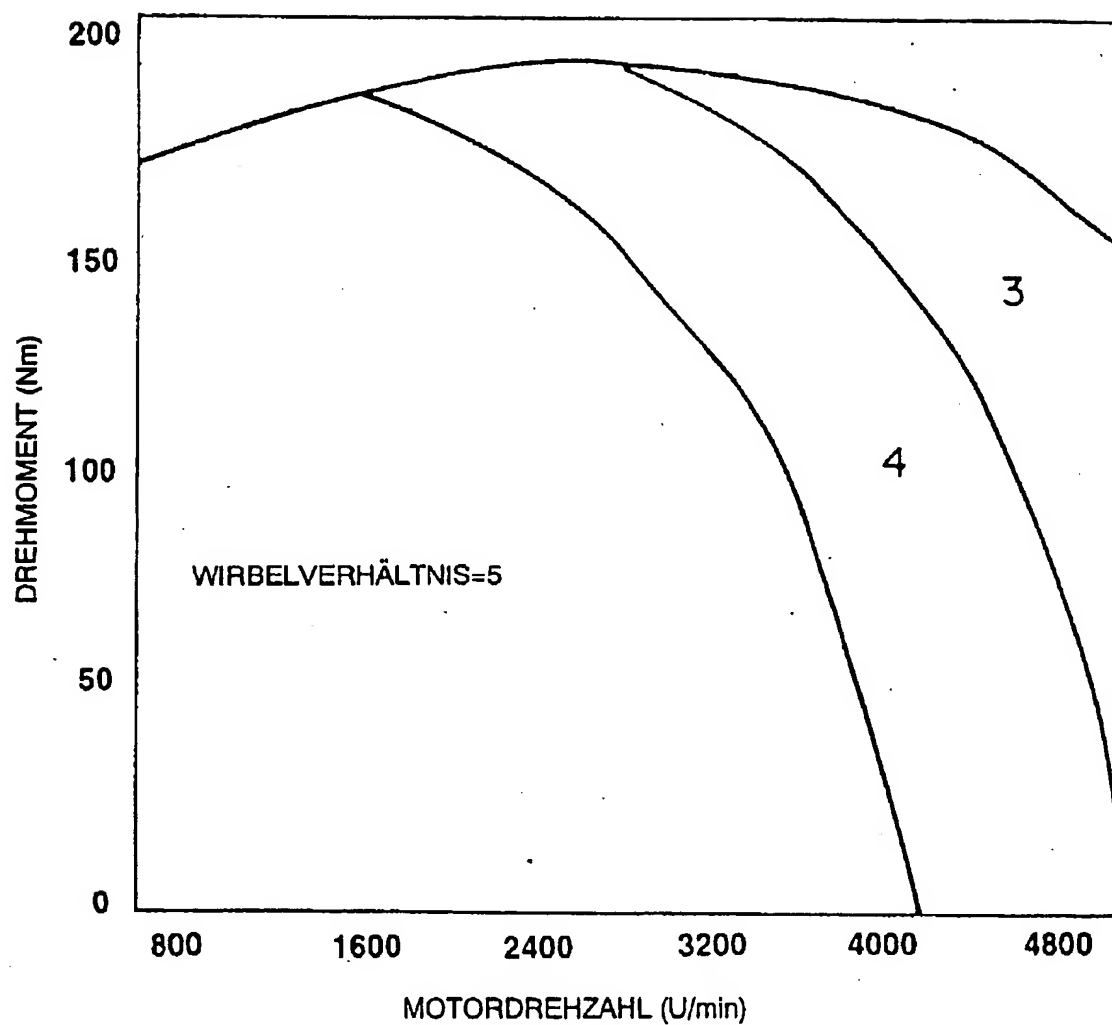


FIG.17

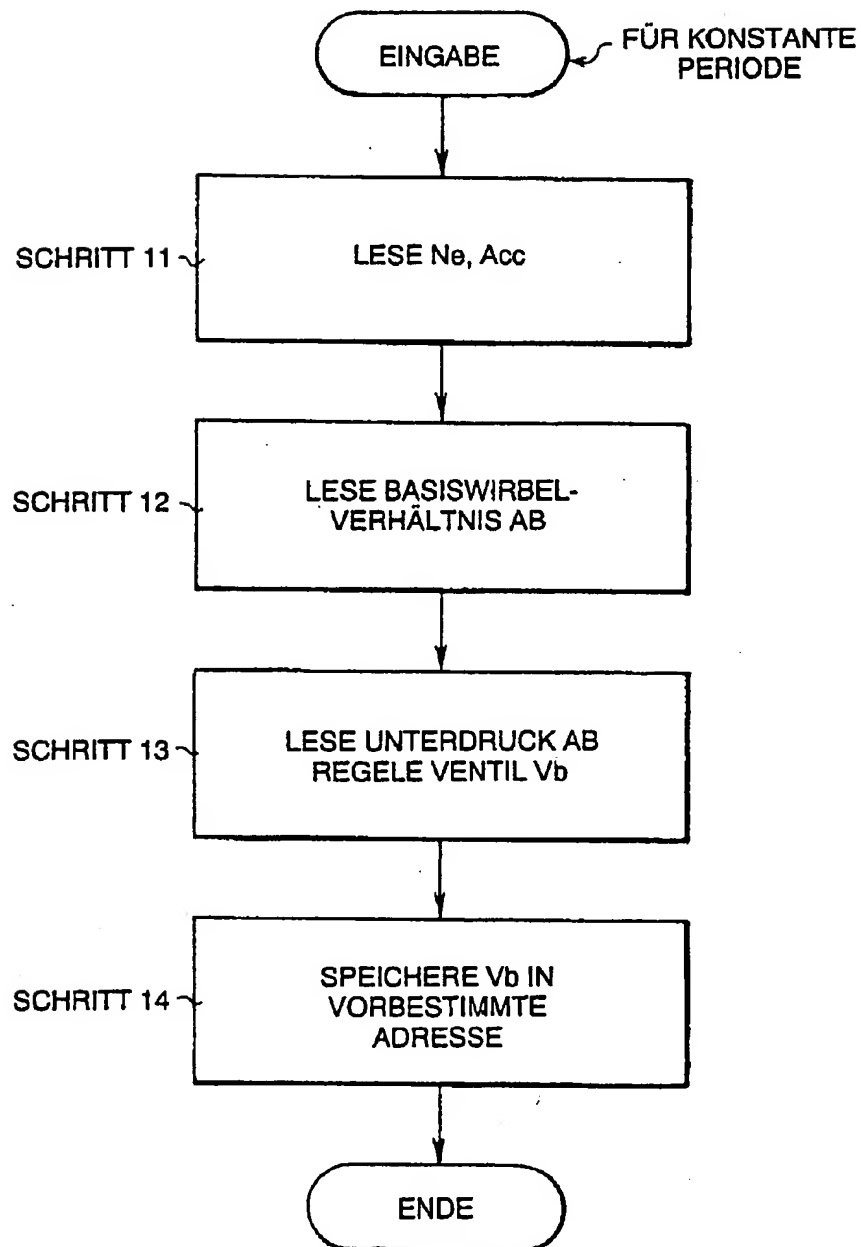


FIG.18

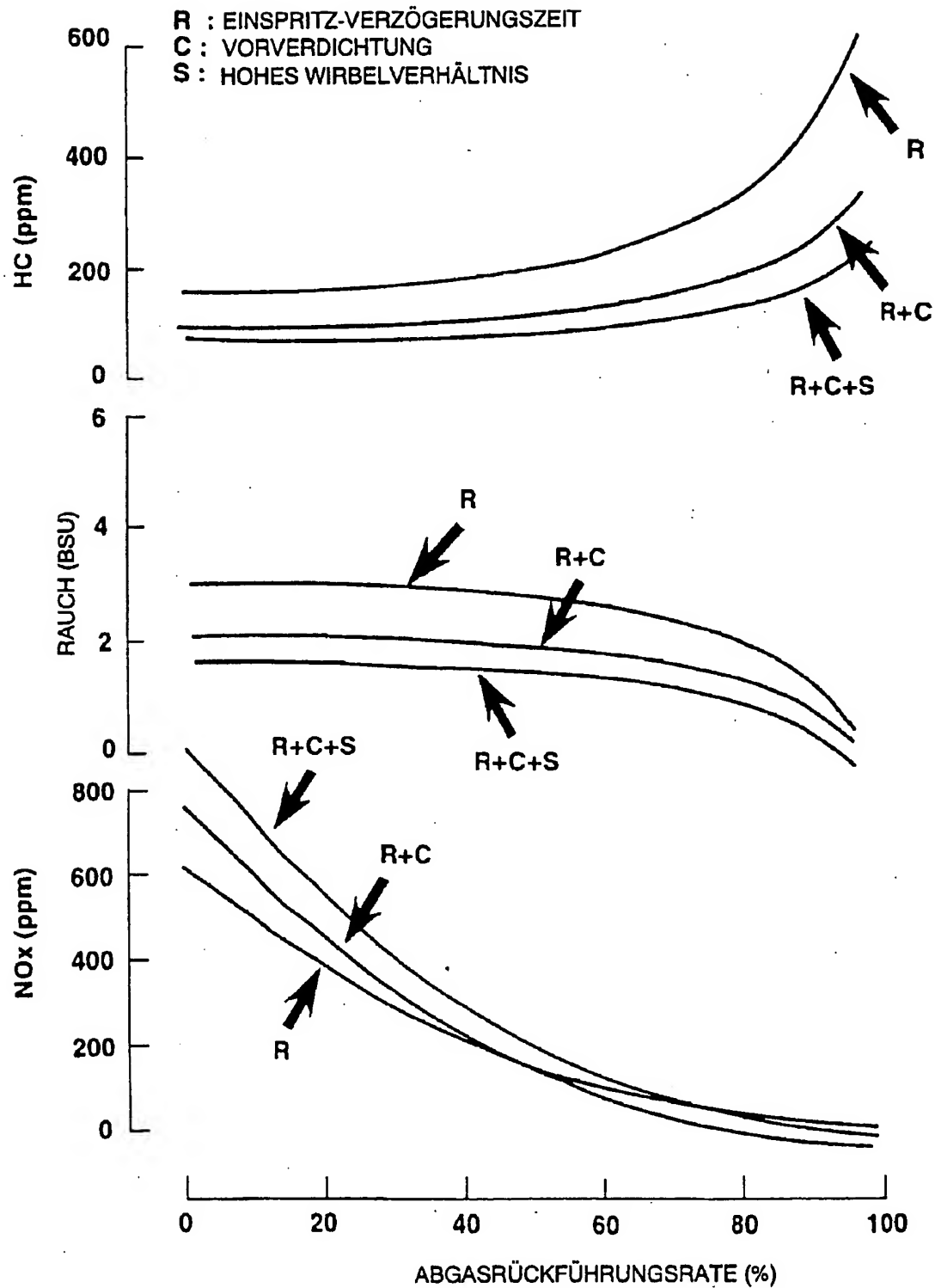


FIG.19

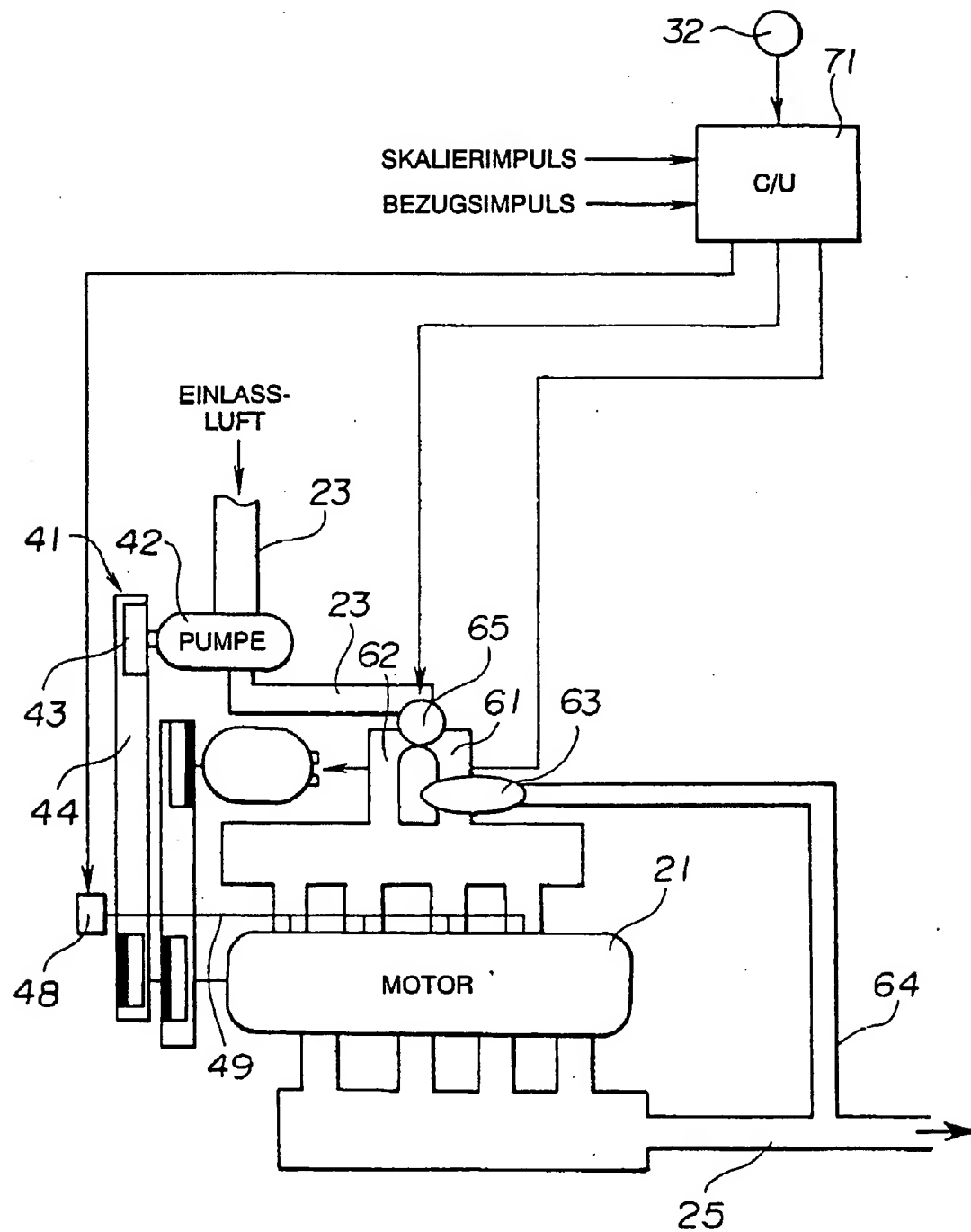


FIG.20

